



# Delimitación geofísica de cuerpos graníticos de basamento ígneo-metamórfico en la región central de la Pampa, entre Chacharramendi y valle Daza

Hugo TICKYJ<sup>1</sup>, María Alejandra FERNÁNDEZ<sup>1</sup>, Elena DE ELORRIAGA<sup>1</sup> y José KOSTADINOFF<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa, Santa Rosa, La Pampa.

<sup>2</sup> Departamento de Física, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

Email: htickyj@exactas.unlpam.edu.ar

Editor: Augusto Rapalini

Recibido: 12 de noviembre de 2019

Aceptado: 17 de julio de 2020

## RESUMEN

El basamento ígneo-metamórfico de la región central de la provincia de La Pampa es un área de gran interés geológico regional, debido a la confluencia de las orogenias Pampeana, Famatiniana y Gondwánica, y por su potencialidad minera. La geología de la región se conoce principalmente a partir de relevamientos geofísicos regionales, que fueron complementados con investigaciones petrológicas y geocronológicas detalladas en los pocos afloramientos rocosos existentes. En esta contribución se realizó un estudio gravimétrico para delimitar las dimensiones de cuerpos graníticos subaflorantes, de edad paleozoica, ubicados entre Chacharramendi y Valle Daza. Se identificó una anomalía negativa de Bouguer de forma elíptica, con un eje mayor de 55 km, con orientación nornor-este, que posee dos mínimos, uno de -63 miligales centrado en 37°17'S-65°49'O y otro de -58 miligales ubicado en 37°18'S-65°41'O, que se interpretó como dos plutones. Uno correspondería a un leucosienogranito pérmico, aflorante en Loma Alta, producto de fusión de una corteza con características geoquímicas calcoalcalinas, en un ambiente tectónico extensional desarrollado durante el magmatismo Choiyoi. Otro se encontraría en el sector occidental del Valle Daza, donde se encuentran leucogranitos biotítico-muscovíticos, con características geoquímicas de granitos tipo S transicionales a tipo A y que ha sido asignado al ciclo orogénico Famatiniano. Los mínimos gravimétricos se corresponderían con sectores de mayor espesor de los plutones, que podrían estar vinculados con canales de alimentación o de enraizamiento.

**Palabras clave:** anomalía de Bouguer, Loma Alta, batolito, magmatismo Choiyoi, orogenia Famatiniana

## ABSTRACT

*Geophysical delimitation of granite bodies of igneous-metamorphic basement in the central region of the Pampa, between Chacharramendi and Valle Daza.*

The igneous-metamorphic basement of the central region of the La Pampa province is an area of great regional geological interest, due to the confluence of the Pampean, Famatinian and Gondwanide orogenies, and for its mining potential. The geology of the region is known mainly from regional geophysical surveys, which were complemented with detailed petrological and geochronological investigations in the few existing rocky outcrops. In this contribution, a gravimetric study was carried out to delimit the dimensions of subsurface granitic bodies, of Paleozoic age, located between Chacharramendi and Valle Daza. A ellipse shaped, negative Bouguer anomaly was identified, with an main axis of 55 km, with a north-northeast orientation, which has two minimums, one of -63 milligals centered at 37°17'S-65°49'W and another of -58 milligals located at 37°18'S-65°41'W, which was interpreted as two plutons. One of them would correspond to a permian leuco-syenogranite, outcropping in Loma Alta, generated by melting of a crust with calc-alkaline signature in an extensional tectonic setting developed during the Choiyoi Magmatism. Another would be in the western sector of the Daza Valley,

where biotitic-muscovitic leucogranites with geochemical characteristics of S-type transitional to A-type granites are found, and which has been assigned to the Famatinian orogenic cycle. The gravity minimums would correspond to thicker sections of the plutons, which could be linked to the feeding or rooting channels.

**Keywords:** Bouguer anomaly, Loma Alta, pluton, Choiyoi magmatism, Famatian orogeny

## INTRODUCCIÓN

El centro y este de la provincia de La Pampa se caracterizan por tener escasos afloramientos de basamento cristalino, el cual está constituido por rocas metamórficas y eruptivas, que han sido relacionadas con las orogenias Pampeana, Famatiniana y Gondwánica (Chernicoff y Zappettini 2003, Delpino et al. 2005, Linares et al. 1980, Llambías et al. 2003, Tickyj 1999). Los asomos rocosos más destacados son los correspondientes a Lonco Vaca, Lihuel Calel, sierra Chica, sierra Chata, cerro de Los Viejos y la sierra de Choique Mahuida. Entre otras exposiciones superficiales de basamento de menor desarrollo se encuentran los afloramientos graníticos en los alrededores de Chacharramendi y valle Daza (Fig. 1).

Debido a las exiguas manifestaciones rocosas en superficie, la geología del basamento se conoce principalmente a través de estudios geofísicos. El primer estudio integral fue realizado a principios de siglo XXI por geólogos y geofísicos pertenecientes a la Universidad Nacional del Sur, Universidad Nacional de La Pampa y CONICET, el cual ha sido publicado en forma parcial (Kostadinoff et al. 2001, Kostadinoff y Llambías 2002, 2006). Esta investigación cubrió un área de 124.000 km<sup>2</sup>, cubriendo en su totalidad la provincia de La Pampa y aportó datos de campos magnéticos y gravimétricos, con los que se construyeron los correspondientes mapas de anomalías de Bouguer y del campo magnético total. También se obtuvieron datos de la intensidad de radiación gamma en estaciones separadas unos 7 km en promedio. Otros estudios geofísicos de extensión regional fueron realizados por el Servicio Geológico Minero Argentino a partir de datos aeromagnéticos de alta resolución e información magnética de baja densidad (Chernicoff y Zappettini 2003, Chernicoff y Zappettini 2004), los cuales permitieron identificar tres regiones en el basamento cristalino con características magnéticas contrastantes, que fueron interpretadas como integrantes de los terrenos Cuyania y Pampia y del Cratón del Río de la Plata.

La interpretación de los datos geofísicos realizada por Kostadinoff et al. (2001) describe lineamientos de anomalías potenciales (de gravedad y magnetismo) entre los 64°30' y los 66°15' de longitud Oeste, que incluyen una serie de máxi-

mos y mínimos en una extensión de 300 km. El análisis de los mapas de anomalías de Bouguer obtenidos les permitió determinar en el sector oriental de La Pampa dos ambientes geofísicos, a los que denominaron I y II (Fig. 2).

El ambiente geofísico II se caracteriza por la presencia de varios máximos gravimétricos que fueron relacionadas con rocas máficas, ya que algunas coinciden con afloramientos como en Lonco Vaca y valle Daza. Mientras que los mínimos gravimétricos relativos de Jagüel del Monte, Loma Alta y sierra Chica fueron vinculados a la presencia de plutones graníticos (Fig. 2). Debido a su magnitud y dimensión, las anomalías negativas fueron interpretadas como cuerpos plutónicos de dimensiones batolíticas. En algunos casos, tales como Loma Alta y sierra Chata, se corresponden con afloramientos de rocas plutónicas asignadas al ciclo magmático Choiyoi.

Una interpretación alternativa fue presentada por Chernicoff y Zappettini (2007), quienes señalan que los mínimos gravimétricos son debidos a la presencia de depocentros de la cuenca neopaleozoica de Arizona.

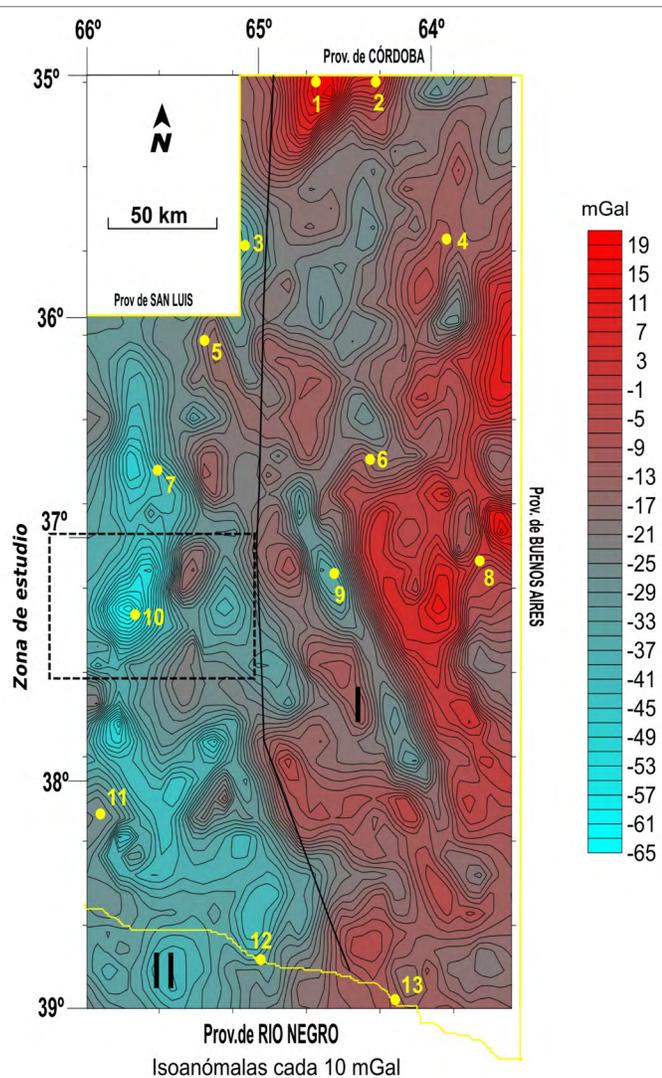
En esta contribución se describe con mayor detalle las características de la anomalía Loma Alta a partir de datos gravimétricos, se la relaciona con los afloramientos rocosos del área y se delimita su extensión bajo la cobertura de médanos y sedimentos modernos (ceno-mesozoicos).

## MARCO GEOLÓGICO

La región estudiada se encuentra comprendida entre los 66°12' y 65°00' de longitud oeste y los 37°00' y 37°33' de latitud sur (Figs. 2 y 3) donde los afloramientos rocosos son pequeños, dispersos y de baja calidad. La cobertura sedimentaria presente, de edad neógena y cuaternaria, hace que resulte difícil correlacionar, de modo directo, la geología con la información geofísica.

El área se corresponde con la extensión austral de la provincia geológica Sierras Pampeanas y forma parte del bloque de Chadileuvú (Llambías et al. 1996, Sato et al. 2004). Agrupa a rocas metamórficas neoproterozoicas a ordovícicas, granitoides del Ordovícico al Devónico y rocas ígneas permotriásicas (Chernicoff y Zappettini 2003, Delpino et al. 2005,





**Figura 2.** Mapa de anomalías gravimétricas de Bouguer observadas en la provincia de La Pampa (Kostadinoff et al. 2001). Isolíneas cada 10 mGal. I a II ambientes geofísicos. El recuadro negro corresponde al área de la figura 3. Localidades: 1.- Rancúl 2.- Realicó 3.- La Maruja 4.- General Pico 5.- Victorica 6.- Santa Rosa 7.- Jagüel del Monte 8.- Macachín 9.- Quehué 10.- Chacharramendi 11.- Puelches 12.- Pichi Mahuida 13.- Río Colorado.

das previas obtenidas por Kostadinoff et al. (2001) (Fig. 3).

La selección de la ubicación de los puntos de medición y la altimetría necesaria para el cálculo de las anomalías de Bouguer se realizó con mapas del Instituto Geográfico Militar, en escala 1:100000. Los puntos se posicionaron con equipo GPS marca Garmin, modelo Montana 680; las cotas se fijaron mediante cartas topográficas y mojones del IGM para obtener precisiones altimétricas mayores a  $\pm 10$  cm. Lo cual se corresponde con errores en el cálculo de la anomalía de Bouguer de  $\pm 0.03$  mGal.

Las estaciones de lectura se ubicaron siguiendo los caminos vecinales y picadas, teniendo en cuenta la ubicación de las mediciones anteriores, logrando un espaciado entre estaciones de aproximadamente 2 km.

Los datos gravimétricos se tomaron con un gravímetro termoestabilizado Worden, con una precisión de lectura de  $\pm 0.02$  mGal. Las medidas gravimétricas se corrigieron por deriva instrumental, para lo cual se repitió la medida al final del día a una estación base amojonada en la localidad de Chacharramendi cuyo valor es 979845.10 mGal. Esta última está vinculada con el mojón de la Universidad Nacional del Sur cuyo valor absoluto es de 980072.33 mGal por el IGN. Para correlacionar los datos gravimétricos antiguos con los actuales se utilizó la fórmula del Elipsoide Internacional del año 1930.

A partir de la densificación de los datos, se construyó un nuevo mapa de anomalía de Bouguer para realizar correlaciones con la geología de la zona estudiada. Para la elaboración de mapas se confeccionó una grilla uniforme de puntos, separados por intervalos de 0.01° (sistema de coordenadas geográficas), con el programa Surfer® utilizando el método Kriging de interpolación.

## RESULTADOS

El área de interés de este trabajo involucra a uno de los importantes mínimos mencionados en la figura 2, ubicado en la zona de Chacharramendi, denominado “Loma Alta” por corresponderse con la cantera homónima.

Con el fin de realizar una descripción de la singularidad geofísica de la anomalía Loma Alta en un contexto regional, se presentan en la figura 5 los datos obtenidos por Kostadinoff et al. (2001). En ella, el mapa de anomalías de Bouguer muestra valores negativos con variaciones relativas locales muy significativas. Es de destacar los valores máximos relativos alrededor de la anomalía Loma Alta, que se corresponden geográficamente con la Ea. Valle Daza, Pto. El Poleo y Ea. Las Acacias. Su distribución no presenta una orientación definida, aunque se pueden diferenciar alineaciones N-S en el lado oriental de la anomalía y NO-SE en el sector occidental, sin una continuidad marcada.

Por su parte, la anomalía gravimétrica de Loma Alta muestra un diseño ovalado concéntrico casi regular (-55 km de diámetro en el eje mayor) y con un valor mínimo de -63 mGal, que geográficamente coincide con el afloramiento de rocas graníticas expuesto en la cantera homónima ( $37^{\circ}17'S-65^{\circ}49'O$ ); hacia el norte cerca del valle Daza ( $37^{\circ}18'S-65^{\circ}41'O$ ) se observa otro valor mínimo de -58 mGal (Figs. 6 y 7). Teniendo en cuenta la isolínea correspondiente a los -35 mGal la proyección hacia la superficie de la anomalía Loma Alta indica que el área involucrada es aproximadamente de 2000 a 2400 km<sup>2</sup>.

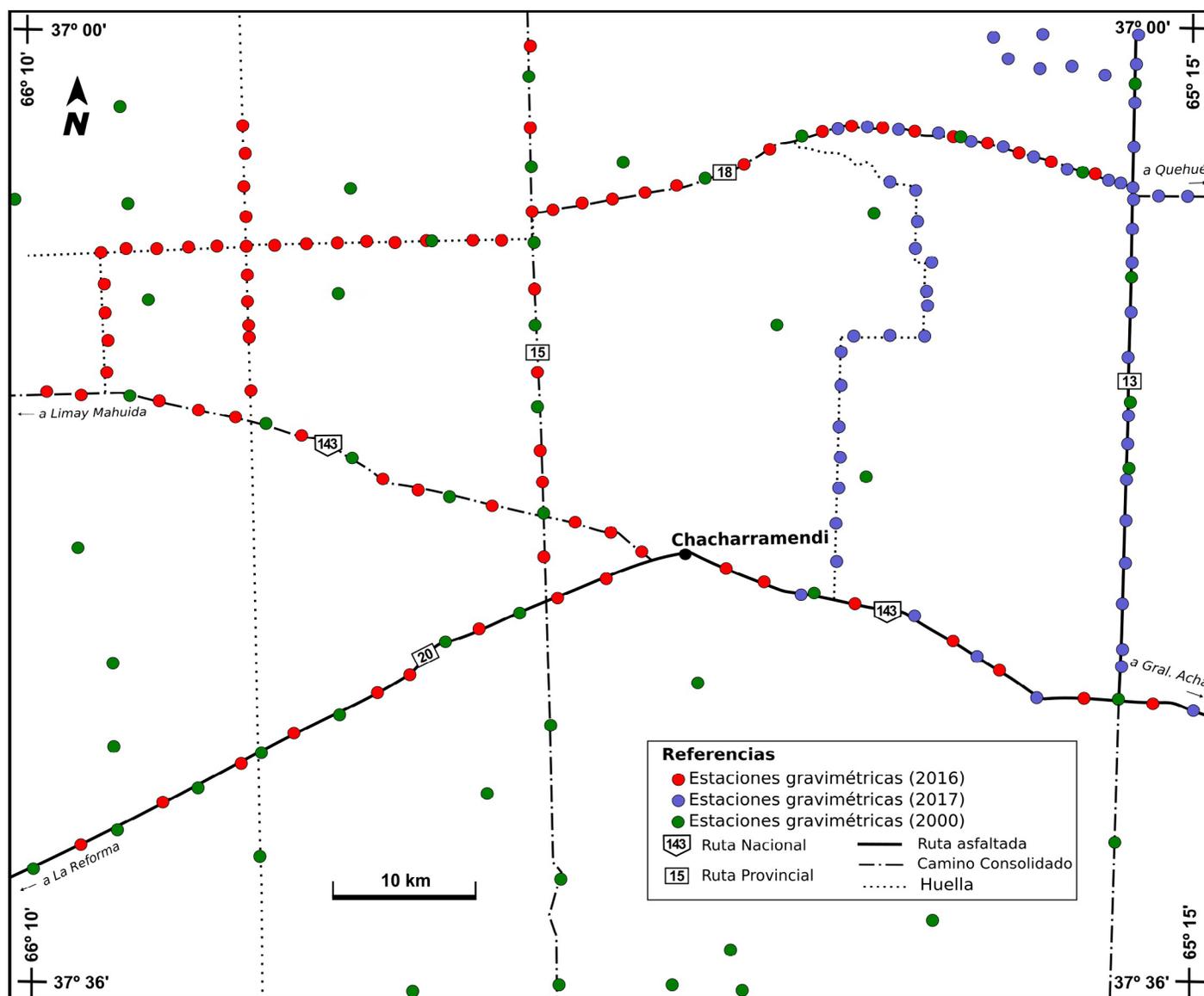


Figura 3. Mapa de ubicación de las estaciones gravimétricas realizadas en este trabajo y las efectuadas por Kostadinoff et al. (2001).

Tal como se indica en la figura 6 se elaboraron dos perfiles gravimétricos siguiendo aproximadamente las líneas que incluyen la mayor cantidad de datos y pasando por el centro de la anomalía.

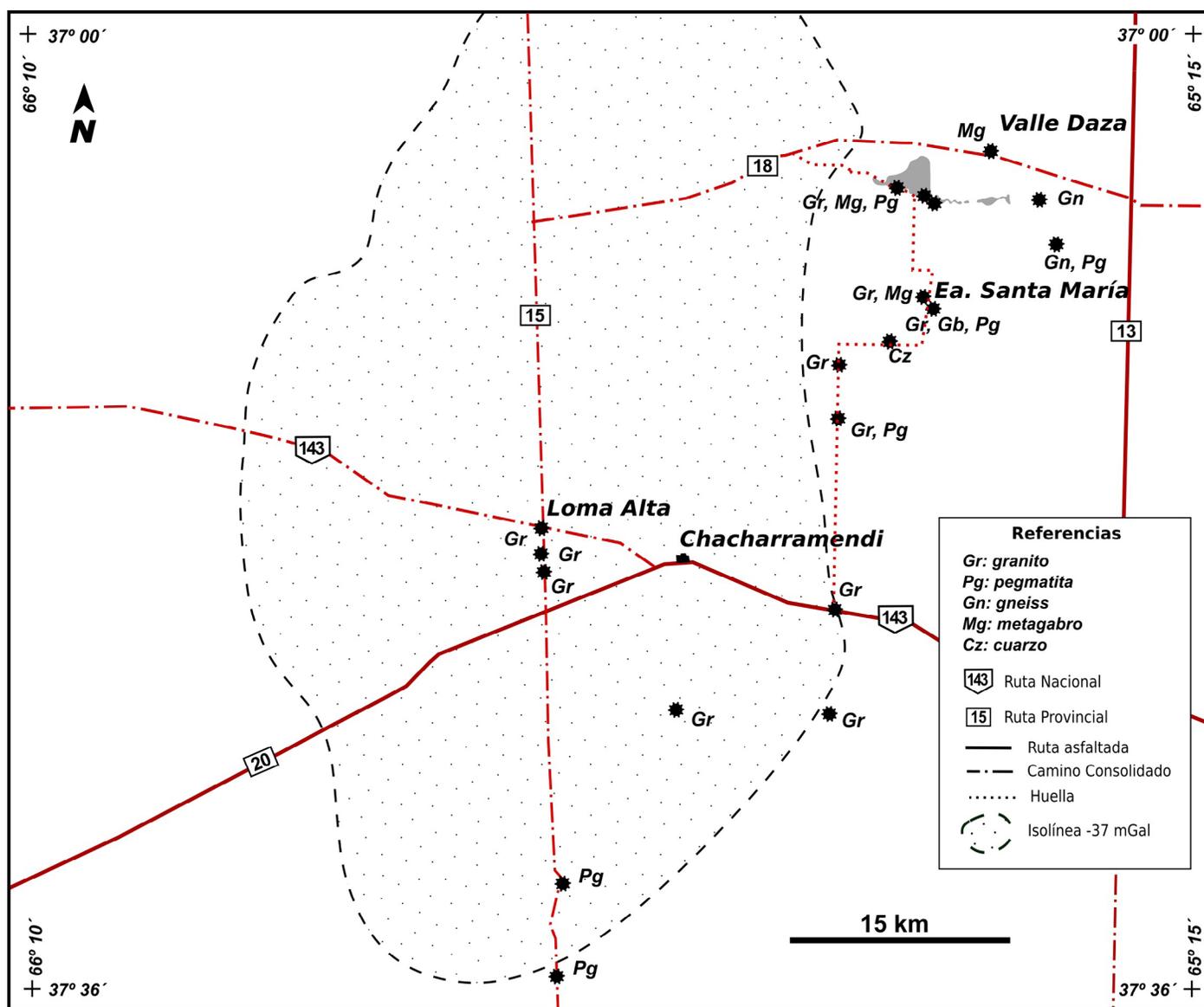
El perfil 1 (Fig. 8), de orientación aproximadamente O-E, muestra una anomalía relativamente simétrica, mostrando el mínimo de -63 mGal en la zona correspondiente a la cantera de Loma Alta y los máximos relativos del puesto El Poleo y la estancia Las Acacias, respectivamente al oeste y este del mínimo mencionado.

El perfil 2 (Fig. 9) tiene una dirección SO-NE y corta longitudinalmente la anomalía Loma Alta, pasando por los dos mínimos relativos citados de -63 y -58 mGal.

## INTERPRETACION

Teniendo en cuenta los antecedentes y la geología de superficie es posible correlacionar la anomalía Loma Alta con al menos dos cuerpos plutónicos de composición granítica, uno correspondería al Granito Chacharramendi y otro al Granito Valle Daza.

Los mínimos relativos dentro de la anomalía mayor se pueden interpretar como zonas de enraizamiento o conductos de alimentación de los plutones (Audrain et al. 1989 y Vigneresse 1995). Por lo tanto, el mínimo gravimétrico de -63 mGal podría corresponder a la raíz del Granito Chacharramendi y el de -58 mGal al Granito Valle Daza. No obstante, también pue-



**Figura 4.** Mapa de ubicación de los afloramientos rocosos de basamento cristalino en Chacharramendi y valle Daza. En líneas de trazos se señala los límites de la anomalía gravimétrica Loma Alta.

den ser un reflejo de la existencia de facies menos densas en la zona de mínimo, lo que es muy posible ya que los plutones son comúnmente poliintrusivos. Lo que se conoce a partir de los datos rocosos de superficie descartaría la posibilidad de cambios de densidades, ya que las rocas plutónicas aflorantes en el área delimitada por la anomalía Loma Alta muestran rasgos texturales y mineralógicos muy similares. Sin embargo, podrían corresponder a varios eventos magmáticos. El Granito Chacharramendi ha sido asignado al magmatismo Choiyoi por comparación litológica y dataciones isotópicas (Chernicoff et al. 2019, Linares et al. 1980, Llambías et al. 2003, Silva Nieto et al. 2017), por lo tanto, correspondería a un evento ígneo del ciclo orogénico Gondwánico. En cambio, el Granito Valle Daza por comparación litológica fue asignado

al Devónico e incluido en el ciclo orogénico Famatiniano (Del-pino et al. 2005, Linares et al. 1980, Tickyj et al. 2019). Con esta información se puede postular la existencia de al menos dos eventos magmáticos que contribuyen a la existencia de la anomalía Loma Alta.

Con la finalidad de hacer inferencias acerca de la morfología de los plutones, se trabajó con modelos prismáticos. Para los modelos prismáticos se consideró como roca de caja a los esquistos y pegmatitas hallados en la región de valle Daza; cuya densidad promedio es de 2.70 g/cm<sup>3</sup> y asignando al plutón Chacharramendi una densidad uniforme de 2.55 g/cm<sup>3</sup>, que es el dato obtenido en la cantera Loma Alta. Con el contraste de densidad hallado (-0.15 g/cm<sup>3</sup>) se elaboró un modelo, que tiene en cuenta que las rocas metamórficas se

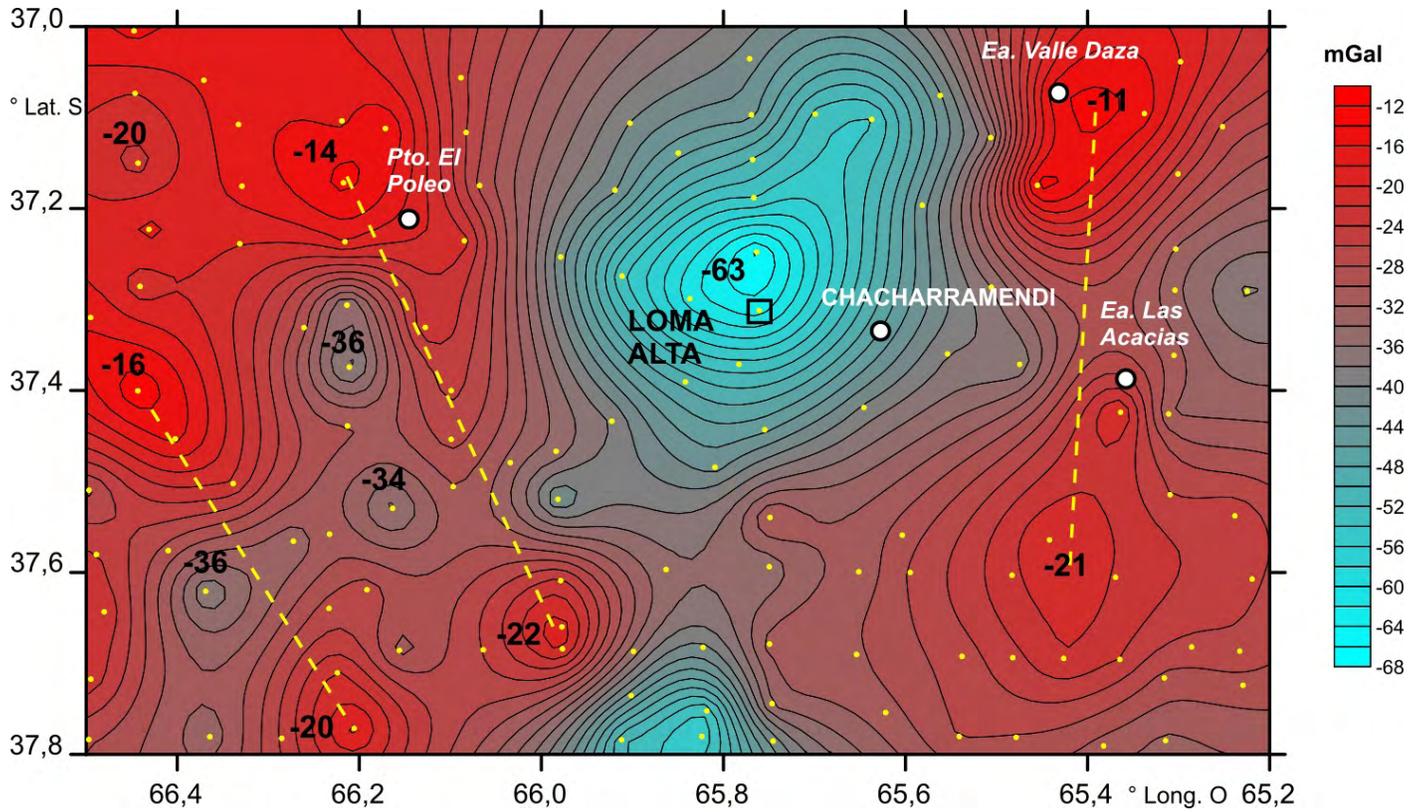


Figura 5. Mapa de anomalía de Bouguer (isolíneas cada 2 mGal) de la zona de Loma Alta. Con puntos amarillos se indican las estaciones de medición. Datos de Kostadinoff et al. (2001).

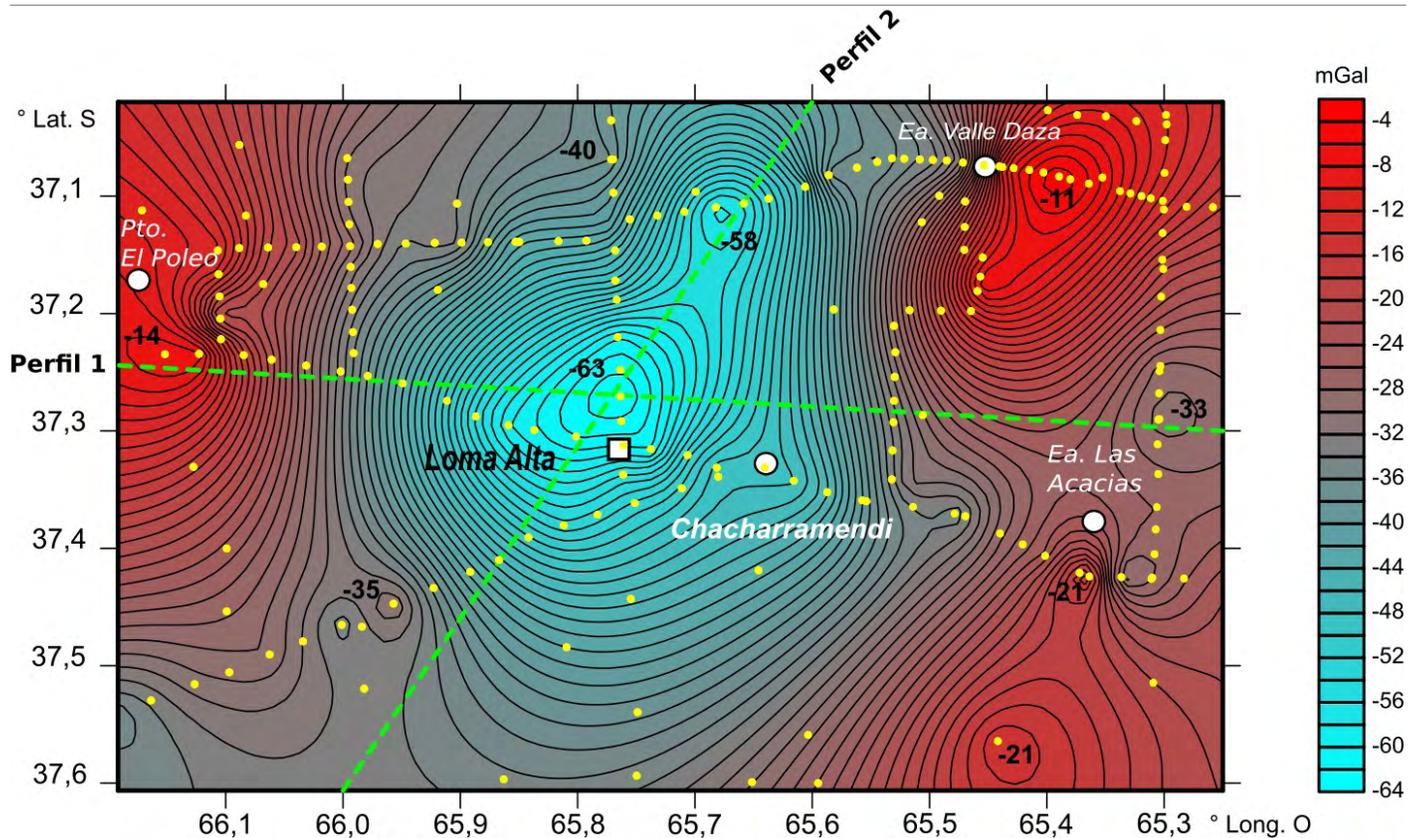
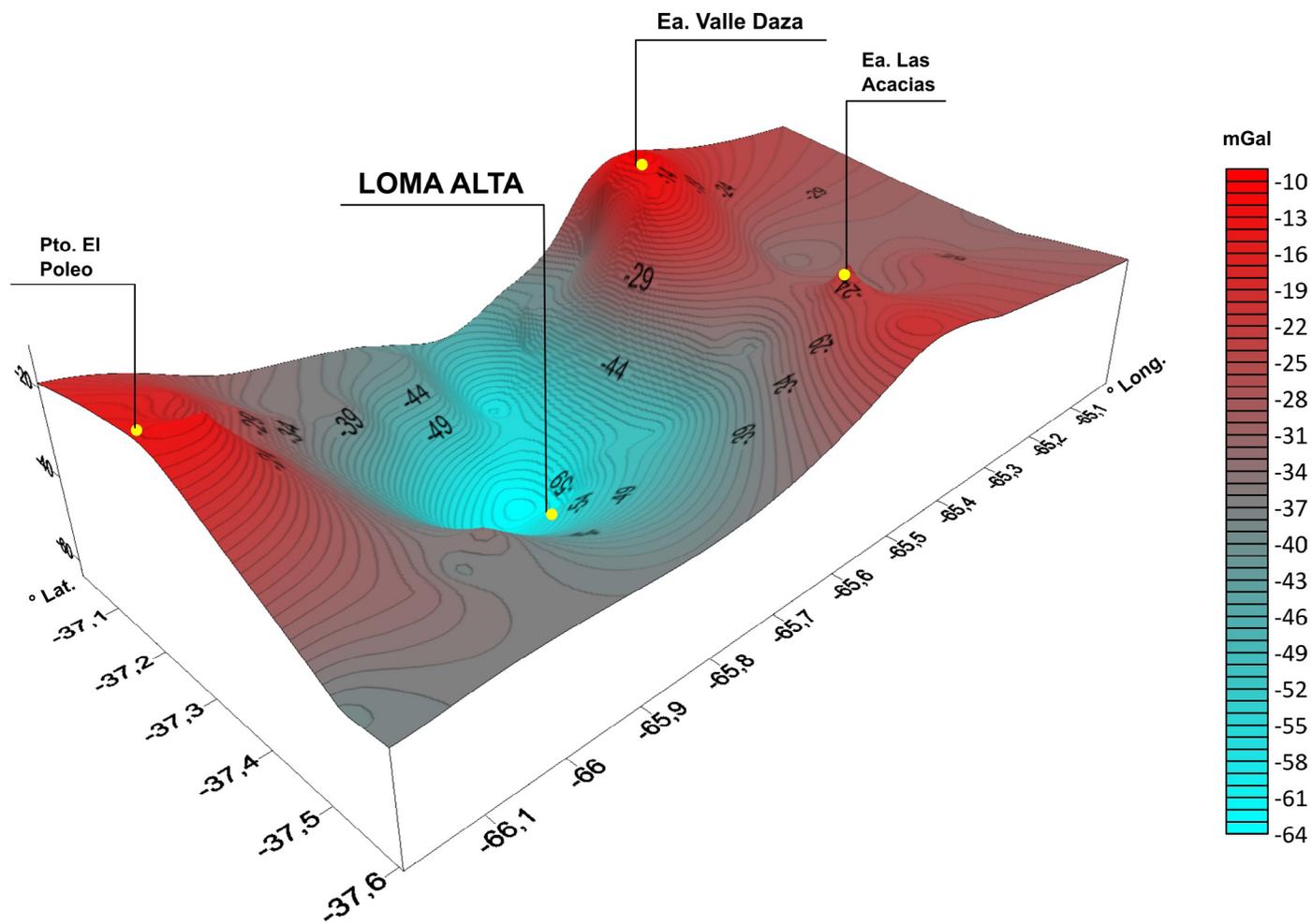


Figura 6. Anomalía de Bouguer de Loma Alta (isolíneas cada 1 mGal) y ubicación de los perfiles. Con puntos amarillos se indican las estaciones de medición. Datos de este trabajo y de Kostadinoff et al. (2001).



**Figura 7.** Mapa en 3D de anomalía de Bouguer de Loma Alta. Isolíneas cada 1 mGal. Datos de este trabajo y de Kostadinoff et al. (2001).

encuentran en lugares donde la anomalía de Bouguer es del orden de  $-35$  mGal (Valle Daza). Así se obtiene que la anomalía gravimétrica de  $-63$  mGal se convierte en un déficit de masa de  $-28$  mGal explicado por un espesor de granito de  $11.5$  km (Fig. 8). Haciendo los mismos cálculos para la anomalía, ubicada más al norte, de  $-58$  mGal (Fig. 6); se tendría un contraste de  $-23$  mGal equivalente a  $8$  km de espesor.

Según las características de la anomalía descrita, la información recopilada y lo observado en el campo, se infirió la presencia de al menos dos plutones graníticos subaflorescentes, cuyo efecto combinado se expresa en la anomalía gravimétrica Loma Alta, que posee un eje mayor, en planta, de  $55$  km.

El perfil 1, de orientación aproximada O-E, muestra que la anomalía es simétrica, mientras que las diferencias que se observan en los laterales se relacionarían con variaciones en las rocas de caja (Fig. 8). En la zona central el mínimo gravimétrico se corresponde aproximadamente con la cantera Loma Alta; mientras que el aumento en los valores en el área de la Ea. Las Acacias estarían relacionados a la presencia

de las metamorfitas de alta densidad, como los metagabros descritos más en norte en valle Daza (Delpino et al. 2005, Chernicoff et al. 2009).

Cuando se comparan los datos gravimétricos obtenidos en este trabajo con los datos aeromagnetométricos de alta resolución del IGRM-SEGEMAR (Chernicoff y Zappettini 2003, Chernicoff y Zappettini 2004) se observa que la anomalía Loma Alta se ubica dentro de la unidad litomagnética 4, que se definió por su reducido gradiente y menor intensidad magnética que la unidad litomagnética 3 (Fig. 10). En la unidad 4 los autores citados infieren la presencia de diversos cuerpos plutónicos a partir de áreas subcirculares a elípticas que presentan alto gradiente e intensidad magnética, con su perímetro resaltado con valores de mayor intensidad, que denominan unidades litomagnéticas 6 y 9. Como se observa en la figura 10 esos cuerpos se encuentran incluidos en el área delimitada por la isolínea de  $-37$  mGal de la anomalía gravimétrica Loma Alta.

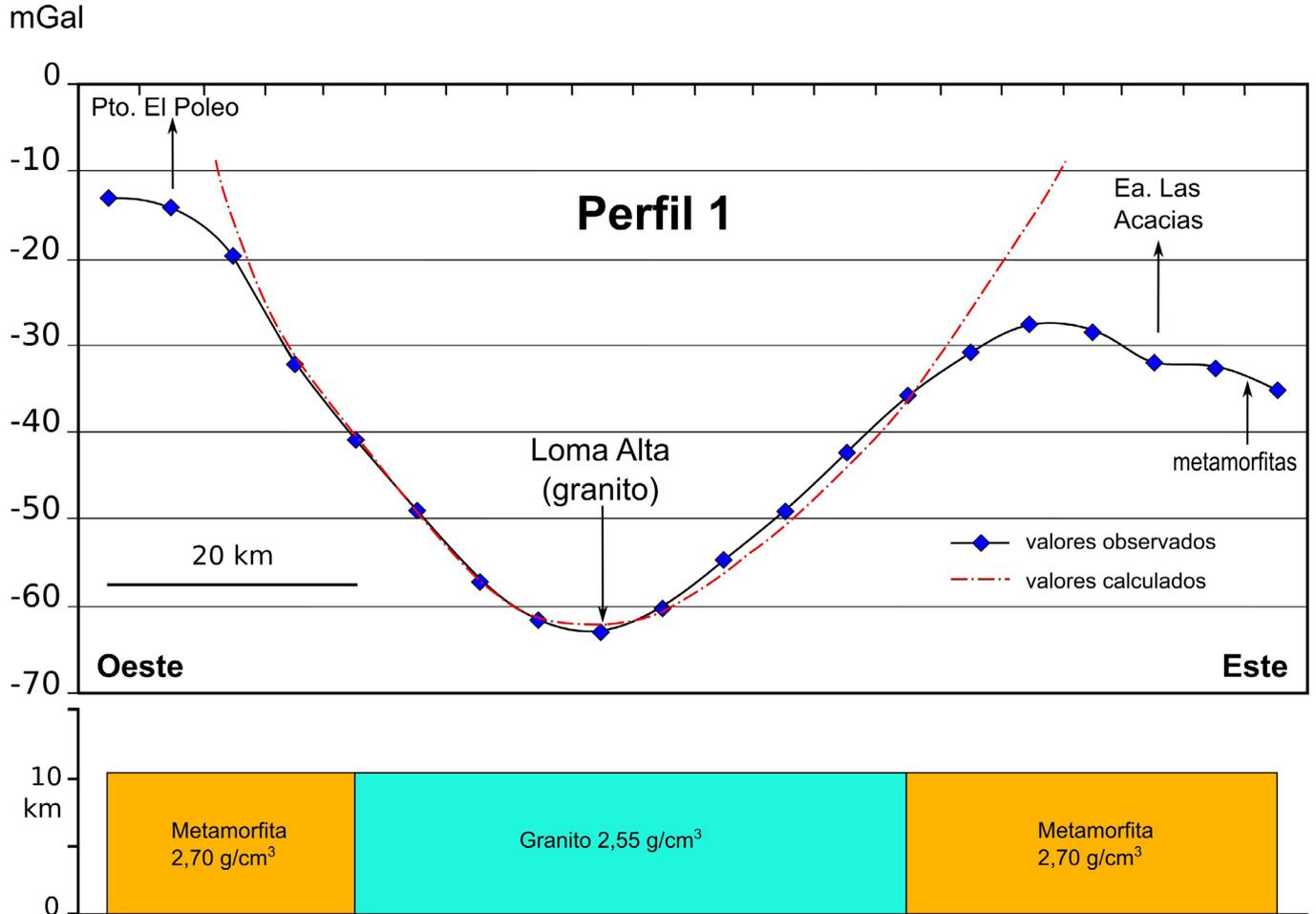


Figura 8. Perfil 1 con los valores de gravedad indicados en la figura 6 y los calculados con el modelo prismático.

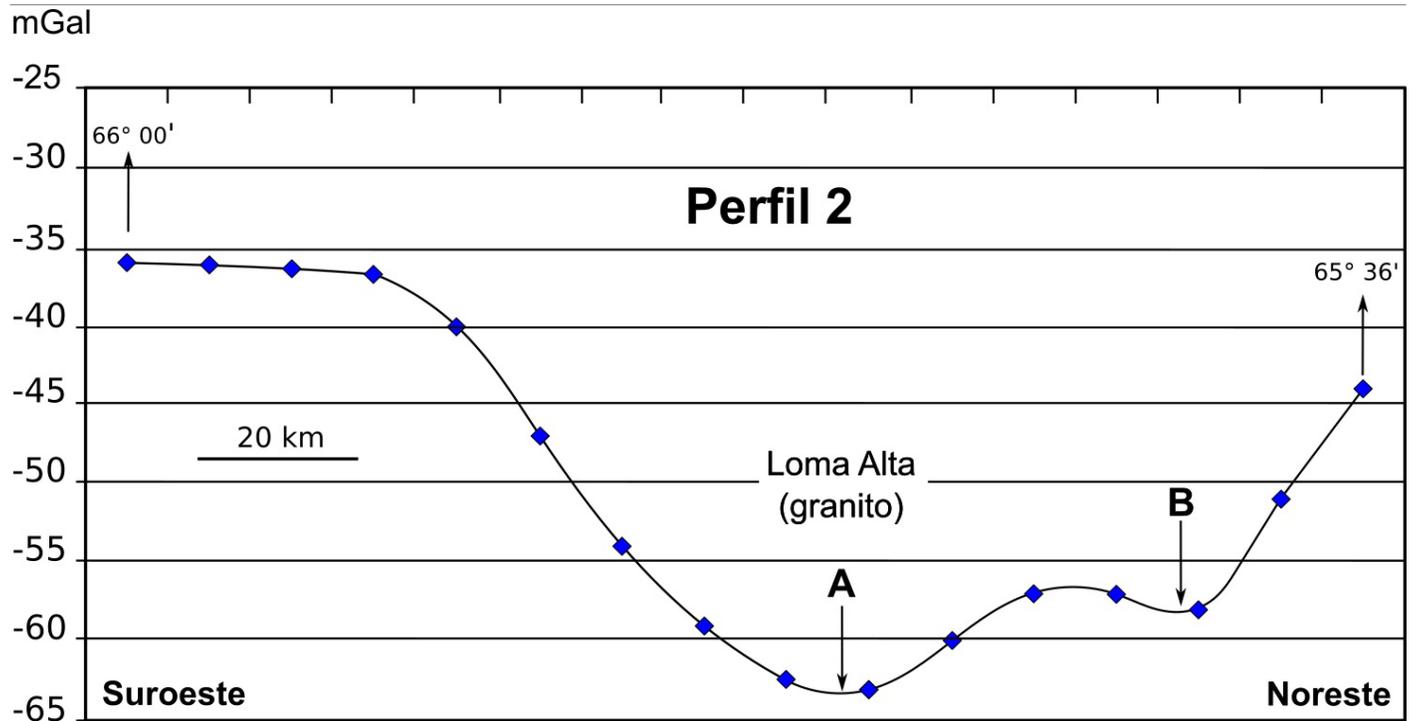
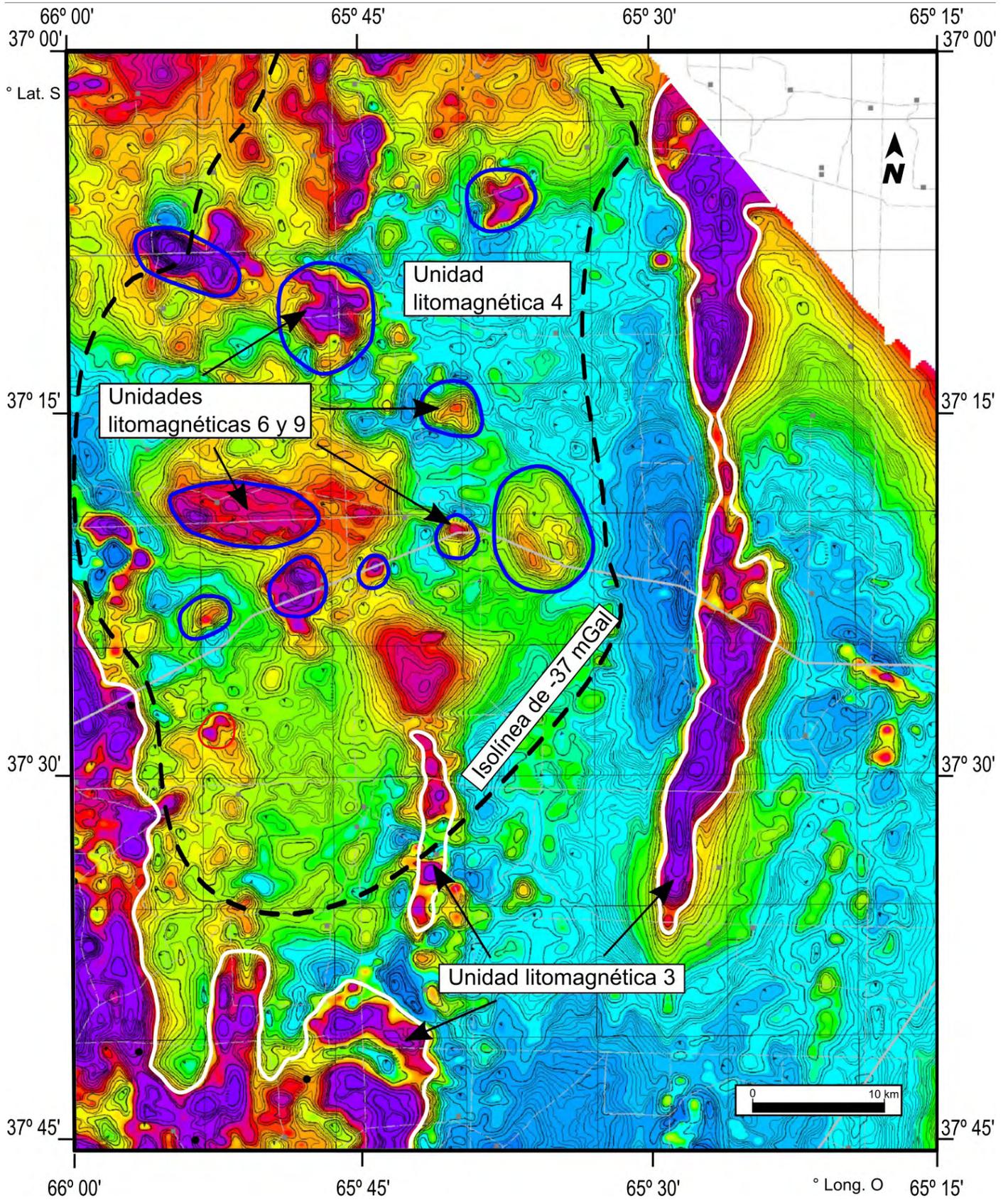


Figura 9. Perfil 2 con los valores de gravedad indicados en la figura 6.



**Figura 10.** Mapa de intensidad del campo magnético reducido al polo de la Carta Geofísica, Hoja 3766-IV General Acha, del Instituto de Geología y Recursos Minerales del Servicio Geológico Minero Argentino. Se indican los límites de las unidades litomagnéticas identificadas por Chernicoff y Zappettini (2003, 2004) y de la anomalía gravimétrica Loma Alta.

## CONCLUSIONES

Considerando la dimensión de la anomalía residual de Bouguer (AB) estudiada, se considera que se trata de un cuerpo ígneo plutónico complejo, compuesto al menos por dos plutones intuidos en diferentes ciclos orogénicos.

Uno de los cuerpos correspondería a los afloramientos ubicados entre Loma Alta y Chacharramendi, donde se encuentran leucogranitos pérmicos producto de un magmatismo en ambiente extensional, desarrollado durante el magmatismo Choiyoi. Otro se encontraría en sector occidental del valle Daza, donde afloran leucogranitos biotítico-muscovíticos, con características geoquímicas de granitos tipo S transicionales a tipo A y que ha sido asignado al ciclo orogénico Famatiniano.

Los plutones intruyen a rocas metamórficas de densidad  $2.70 \text{ g/cm}^3$  y poseen una densidad uniforme de  $2.55 \text{ g/cm}^3$ .

Los lugares donde se ubican los menores valores gravimétricos se corresponderían con sectores de mayor espesor, que podrían estar vinculados con los canales de alimentación o de enraizamiento de los plutones.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el financiamiento otorgado por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, de la Universidad Nacional de La Pampa, a través del PI N°07G para la realización de esta investigación. La Dirección Provincial de Vialidad de La Pampa facilitó el alojamiento en sus dependencias de la localidad de Chacharramendi para la realización de las tareas de campo.

Los editores agradecen la tarea de revisión de Silvana Geuna y un revisor anónimo.

## REFERENCIAS

- Audrain, J., Amice, M., Vignerresse, J. L. y Bouchez, J. L. 1989. Gravimétrie et géométrie tri-dimensionnelle du pluton granitique de Cabeza de Araya (Extrémadura, Espagne). *Comptes Rendus de L'Academie des Sciences, Serie 2*, 309: 1757-1764.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E. 2003. Delimitación de los terrenos tectonoestratigráficos de la región centro-austral argentina: evidencias aeromagnéticas. *Revista Geológica de Chile* 30 (2): 299-316.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E. 2004. Geología Sólida y Delimitación de Terrenos Tectonoestratigráficos en la Región Centro-Austral Argentina: Evidencias Geofísicas. Servicio Geológico Minero Argentino, Instituto de Geología y Recursos Minerales, Serie Contribuciones Técnicas, Geofísica 11, 27 p. Buenos Aires.
- Chernicoff, C.J. y Zappettini, E. 2007. La cuenca neopaleozoica de Arizona, sudeste de San Luis, Argentina: prolongación austral de la cuenca de Paganzo. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62 (2): 321-324.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Villar, L.M., Chemale Jr, F. y Hernández, L. 2009. The belt of metagabbros of La Pampa: Lower Paleozoic back-arc magmatism in south-central Argentina. *Journal of South American Earth Sciences* 28(4): 383-397.
- Chernicoff, C.J., Zappettini, E.O., Santos, J.O. y McNaughton, N. 2019. El Corredor Magmático Intracratónico Pérmico-Triásico de la provincia de La Pampa, Argentina: nuevas edades U-Pb SHRIMP, composición isotópica de Hf e implicancias geodinámicas. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 36 (1): 13-26.
- Collins, W.J., Beams, S.D., White, A.J.R. y Chappell, B.W. 1982. Nature and origin of A-type granites with particular reference to southeastern Australia. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 80:189-200.
- Delpino, S., Ferracutti, G., Kostadinoff, J. y Bjerg, E. 2005. La prolongación austral de las Sierras Pampeanas en la provincia de La Pampa: Evidencias geológicas y geofísicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60 (3): 535-551.
- Eby, G.N. 1990. The A-type granitoids: a review of their occurrence and chemical characteristics and speculations on their petrogenesis. *Lithos* 26: 115-134.
- Frost, B.R., Barnes, C.G., Collins, W.J., Arculus, R.J., Ellis, D.J. y Frost, C.D. 2001. A geochemical classification for granitic rocks. *Journal of Petrology* 42: 2033-2048.
- Giai, S.B. 1975. Plan de Investigación de Aguas subterráneas (PIAS). Informe preliminar. APA. Informe preliminar inédito, 56 p., 25 fig. y 6 mapas, Santa Rosa.
- Kostadinoff, J. y Llambías, E. 2002. Cuencas sedimentarias en el subsuelo de la provincia de La Pampa. V Congreso de Exploración y Desarrollo de Hidrocarburos, actas CD, Mar del Plata.
- Kostadinoff, J. y Llambías, E. 2006. Cuenca de Quehué, provincia de La Pampa. 9º Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales, Resúmenes: 49, Santa Rosa.
- Kostadinoff, J., Llambías, E., Raniolo, A. y Alvarez., G. 2001. Interpretación geológica de los datos geofísicos del sector oriental de la provincia de La Pampa. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 56 (4): 481-493.
- Linares, E., Llambías, E.J. y Latorre, C. 1980. Geología de la provincia de La Pampa, República Argentina y geocronología de sus rocas metamórficas y eruptivas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 35 (1):87-146.
- Llambías, E.J. 1975. Geología de la provincia de La Pampa y su aspecto minero. Convenio provincia de La Pampa-Universidad Nacional del Sur, Informe inédito, 38 p., Santa Rosa.
- Llambías, E.J. y Caminos, R. 1987. El magmatismo neopaleozoico de Argentina. En: Archangelsky, S. (ed.), *El Sistema Carbonífero en la*

- República Argentina. Academia Nacional Ciencias, 253-280, Córdoba.
- Llambías, E.J., Melchor, R.N., Tickyj, H. y Sato, A.M. 1996. Geología del Bloque de Chadileuvú. 13° Congreso Geológico Argentino y 3° Congreso de Exploración de Hidrocarburos, Actas 5: 417-425, Buenos Aires.
- Llambías, E.J., Quenardelle, S. y Montenegro, T. 2003. The Choiyoi Group from central Argentina: a subalkaline transitional to alkaline association in the craton adjacent to the active margin of the Gondwana continent. *Journal of South American Earth Sciences* 16: 243-257.
- Pankhurst, R.J., Rapela, C.W., Fanning, C.M., y Márquez, M. 2006. Gondwanide continental collision and the origin of Patagonia. *Earth-Science Reviews* 76(3-4): 235-257.
- Sato, A.M., Tickyj, H., Llambías, E.J., Basei, M.A.S. y González, P.D. 2004. Las Matras block, Central Argentina (37°S-67°W): The southernmost Cuyania terrane and its relationship with the Famatinian orogeny. *Gondwana Research* 7(4): 1077-1088.
- Silva Nieto, D., Espejo, P.M., Chernicoff, C.J. y Zappettini, E.O. 2017. Hoja Geológica 3766-IV, General Acha. Provincia de La Pampa. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino. Boletín 427, 52pp., Buenos Aires.
- Stappenbeck, R. 1913. Investigaciones hidrogeológicas de los valles de Chapalcó y Quehué y de sus alrededores (Gobernación de La Pampa). Dirección Nacional de Minas, Geología e Hidrología, Boletín 4, Serie B (Geología): 1-55, Buenos Aires.
- Stappenbeck, R. 1926. *Geologie und Grundwasserkunde der Pampa*. E. Schweizerbart'sche, 409 p. 1 mapa. Stuttgart. Geología y aguas subterráneas de la Pampa. Traducción argentina de Tomás E. O'Connors, 1979, Córdoba. Ediciones Pangea Argentina.
- Tickyj, H. 1999. Estructura y petrología del Basamento Cristalino en la región centro-sur de la provincia de La Pampa, Argentina. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata (inédita), 229 p., La Plata.
- Tickyj, H., Llambías, E. y Melchor, R. 2002. Ordovician rocks from La Pampa province, Argentina. En: Aceñolaza, F. (ed.), *Aspects of the Ordovician System in Argentina*. INSUGEO, Serie Correlación Geológica 16: 257-266, Tucumán.
- Tickyj, H. Fernández, M.A. y Kostadinoff, J. 2019. Caracterización geoquímica del Granito Valle Daza, La Pampa, Argentina. 13° Congreso de Mineralogía, Petrología Ígnea y Metamórfica, y Metalogénesis, Acta de resúmenes: 193-198, Córdoba.
- Vignerresse, J.L. 1995. Control of granite emplacement by regional deformation. *Tectonophysics* 249: 173-186.
- Whalen, J.B., Currie, K.L. y Chappell, B.W. 1987. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 95: 407-419.
- Zappettini, E.O., Chernicoff, C.J., Santos, J.O., y Mc Naughton, N.J. 2010. Los esquistos neoproterozoicos de Santa Helena, provincia de La Pampa, Argentina: edades U-Pb Shrimp, composición isotópica de hafnio e implicancias geodinámicas. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 66 (1-2): 21-37.